

F. Pacheco Torgal
C-TAC, Centro de Território, Ambiente e Construção, Universidade do Minho

Este artigo procede a uma revisão da literatura científica recente sobre os padrões de aquecimento do Planeta Terra, os quais sabe-se agora andam a ser substancialmente agravados por vários ciclos de retroalimentação positiva. Os referidos ciclos apontam para a elevada possibilidade do aquecimento do nosso Planeta, poder ser muito mais rápido do que o previsto no recente relatório especial do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas-IPCC e nessa sequência o presente artigo contém previsões de alguns académicos, sobre a gravidade da presente situação. Igualmente objeto de revisão é o problema das ondas de calor que o IPCC, considera a mais grave ameaça da atual emergência climática, o qual por sua vez é agravado pelo fenómeno das ilhas de calor urbano. O presente artigo contém também algumas indicações sobre o contributo dos materiais para arrefecimento de edifícios, no respeitante à mitigação dos impactos sociais das ondas de calor, contributo esse que adquire especial importância no contexto da recessão económica provocada pela pandemia Covid-19

A EMERGÊNCIA CLIMÁTICA E OS PADRÕES DO AQUECIMENTO DO PLANETA

Alguns investigadores descobriram recentemente, que a taxa de aquecimento da temperatura do Ártico, aumentou mais do dobro relativamente à taxa da temperatura global (Xiao et al, 2020). Como consequência, a substituição do gelo do Ártico por água levará a uma maior absorção de radiação solar que tornará os oceanos mais quentes e sendo responsável pelo derretimento do gelo basal - que ocorre onde o gelo e a superfície oceânica se encontram e também por uma atmosfera mais quente (Tabone et al., 2019). Isso constitui uma retroalimentação positiva que agrava o problema acima referido. Recentemente Wadhams (2017) já tinha previsto a hipótese de um Ártico sem gelo durante o Verão, situação essa que poderá vir a aumentar em quase 50% o aquecimento causado pelo CO₂ antropogénico. Os dados mais recentes sobre as taxas de derretimento de gelo, sugerem que um Ártico sem gelo durante o Verão, poderá ocorrer até 2030 (Screen e Deser, 2019).

A Figura 1 mostra a diferença entre o modelo do IPCC para previsão da extensão da plataforma de gelo no Ártico e as observações das últimas décadas, que confirmam essa previsão. O aquecimento do Planeta também resultará num extenso degelo do permafrost ao longo de todo o Hemisfério Norte. Esse degelo, levará à libertação de elevadas quantidades de carbono orgânico para a atmosfera. Isso, por sua vez, levará a uma retroalimentação positiva do carbono retido no permafrost e, portanto, a um aquecimento adicional (Tanski et al., 2018). O referido descongelamento do permafrost poderá levar à libertação entre 60 a 100 mil milhões de toneladas de carbono, valor a que é necessário somar ainda 200 mil milhões de toneladas de carbono que devem ser libertados em outras regiões, que entretanto irão descongelar gradualmente (Turetsky et al., 2019). Para agravar a situação a ocorrência de incêndios na Sibéria e no Alasca, já levaram à emissão de milhares de milhões de toneladas de CO₂, constituindo outra retroalimentação positiva e é esperado que, no futuro, esses incêndios ocorram com mais frequência (Schirmer, 2019). Ciclos de seca que levam a incêndios, que por sua vez levam a novas secas,

constituem outra retroalimentação positiva, agravando ainda mais as emissões de dióxido de carbono e o aquecimento global. Kareiva e Carranza (2018) já antes tinham concluído que os ciclos de retroalimentação positiva representam os riscos existenciais mais graves e também aqueles que a sociedade tem menos probabilidade de prever.

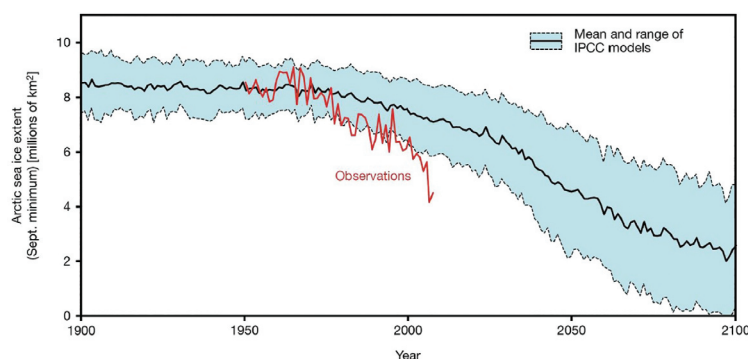


FIGURA 1 - PREVISÃO DA EXTENSÃO DA PLATAFORMA DE GELO NO ÁRTICO EM MILHÕES DE QUILOMETROS QUADRADOS ATÉ AO ANO 2100

Não admira por isso que alguns investigadores tenham afirmado que o mundo está agora muito mais perto de poder exceder o orçamento (acumulado de emissões antropogénicas de CO₂ compatível com uma meta de mudança de temperatura global) necessário para a meta de longo prazo do Acordo Climático de Paris (Gassert et al, 2018). Para piorar as coisas, a ciência mostra que a atual emergência climática está também a afetar negativamente os microrganismos, não apenas exacerbando o impacto de agentes patogénicos e o aumento das doenças, tendo também esses uma retroalimentação positiva sobre as mudanças climáticas (Cavicchioli et al., 2019). E também talvez seja por isso que Harper (2020) escreveu que Covid-19 é a pandemia que a Humanidade merece. Por outro lado Bamber et al. (2019) concluiu recentemente que o aumento do nível do mar poderá exceder 2 m até 2100, o que é mais do que o dobro do valor apresentado pelo IPCC no Quinto Relatório de Avaliação. E isso é especialmente preocupante porque 90% das áreas urbanas estão situadas no litoral, tornando a maioria da população mundial cada vez mais vulnerável à atual emergência climática (Elmqvist et al., 2019). Simultaneamente, as Nações Unidas estimam que até 2030, 700 milhões de pessoas sejam obrigadas a deixar suas casas por causa da seca (Padma, 2019). E isso levanta desde logo a questão de tentar saber quais são os países que devem assumir a responsabilidade pelos refugiados climáticos (Bayes, 2018). Não foi certamente por mero acaso que já em 2017 Wallace-Wells tinha escrito sobre futuros cenários catastróficos para a Humanidade. Até mesmo o discreto Joachim Schellnhuber, diretor-fundador do Instituto Potsdam para Pesquisa de Impacto Climático (1992-2018) deixou de lado qualquer resquício de prudência quando prefaciou o artigo de Spratt e Dunlop (2018) sobre as consequências da emergência climática, dizendo preto no branco que a Humanidade terá que escolher entre tomar com urgência uma ação sem precedentes, ou aceitar arcar com as dramáticas

consequências de o não fazer. Também em Julho de 2018, o professor Bendell escreveu uma peça muito pessimista onde se afirma convencido que já é tarde demais para impedir um colapso social provocado pela emergência climática, aconselhando por isso a que se estudem as formas de reduzir as consequências desse colapso e propondo uma agenda de adaptação profunda. Alguns dizem que Bendell terá ido longe demais com o seu pessimismo, porém um professor de física da Universidade de Oxford escreveu num artigo publicado em agosto de 2019 o seguinte: “Em relação à crise climática, sim, é hora de entrar em pânico” (Pierrehumbert, R., 2019) que não é senão um apoio tácito às previsões de Bendell.

AS CONSEQUÊNCIAS DAS ONDAS DE CALOR

As ondas de calor constituem, de acordo com o IPCC, a ameaça mais grave da atual emergência climática. De acordo com Kew et al. (2019) desde 1950 as mudanças climáticas, de origem antropogénica, triplicaram a probabilidade de ocorrência ondas de calor e aumentou também na zona Mediterrânea a probabilidade de uma onda de calor, pelo menos tão quente quanto aquele do verão de 2017 (que foi responsável por temperaturas acima de 40 °C na França). Neste contexto, vale a pena lembrar a onda de calor europeia de 2003, matou mais de vários milhares de pessoas e também aquela que em 2010 atingiu a capital Russa e que matou mais de dez mil pessoas. Os impactos negativos do calor extremo, incluem para além daqueles evidentes na Figura 2) também riscos de saúde, elevadas concentrações de poluentes (Meehl et al., 2018), menor qualidade da água e diminuição da produtividade do trabalho. E Belkin e Kouchaki (2017) afirmam que o calor aumenta a fadiga que leva à redução do afeto e à redução da ajuda individual. Nos grupos mais vulneráveis, incluem-se os idosos, os indivíduos com doenças crônicas pré-existentes, as comunidades com escasso poder socioeconómico, as pessoas com transtornos mentais e os indivíduos isolados (Smid et al., 2019). E sendo a Europa uma das zonas mais envelhecidas do mundo, isso significa que a mesma será atingida de forma mais dura tendo em conta algumas projeções futuras (Spinoni et al., 2019) vide (Figura 3).



FIGURA 2 - RODAS DE VEÍCULO PESADO COM VESTÍGIOS DE ASFALTO DERRETIDO PROVOCADO POR UMA ONDA DE CALOR NUMA ESTRADA AUSTRIANA

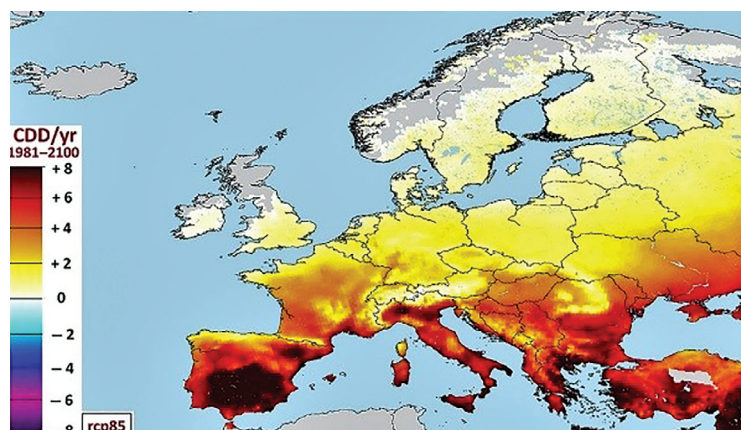


FIGURA 3 - TENDÊNCIAS DE GRAUS-DIAS DE ARREFECIMENTO-CDD POR ANO, PARA O CENÁRIO DE FORÇAMENTO RADIATIVO RCP 8.5 QUE É O CORRESPONDENTE AO CENÁRIO “BUSINESS AS USUAL” EM QUE A HUMANIDADE CONTINUA A FAZER O QUE SEMPRE FEZ, SEM CONSEGUIR REDUZIR AS EMISSÕES

Note-se contudo que às consequências das ondas de calor acima mencionadas é necessário ainda adicionar o agravamento que advém do fenómeno das Ilhas de Calor Urbano. Este fenómeno é provocado pela absorção de radiação devido aos materiais urbanos (como por exemplo o uso de superfícies de cor escura, principalmente em pavimentos, que tem baixo poder de reflexão e como consequência absorvem mais energia no Verão), à transpiração de edifícios e infraestruturas, libertação de calor de habitantes e equipamentos e ainda o efeito de bloqueio do fluxo de ar de edifícios (Figura 4). Alguns autores relataram aumentos de temperatura respetivamente de 6 °C, 8.8 °C e 10 °C nas cidades de Padua, Londres e de Atenas devido ao efeito das Ilhas de Calor Urbano (Santamouris et al., 2001; Kolokotroni et al., 2008; Busato et al., 2014). Mais recentemente Shandas et al. (2019) usou uma combinação de medições baseadas no solo e dados de satélite para identificar áreas de risco extremo de calor urbano tendo descoberto diferenças de até 10 °C entre os locais mais frescos e os mais quentes. Além disso, o efeito sinérgico entre as ondas de calor e a poluição do ar, causa pior qualidade do ar no verão e impedirá a ventilação natural, agravando assim as necessidades de arrefecimento.

Numa cidade fortemente poluída como Pequim, Li et al. (2014) relataram que quase 30% do consumo total de energia do ar-condicionado é devido ao fenómeno das Ilhas de Calor Urbano, o qual é também um dos responsáveis pelo diferencial entre o consumo de energia de um edifício a nível de projecto e o consumo real, podendo este último ser entre 150% e 250% superior (Levermore et al., 2018). Estudos anteriores mostraram ainda que elevadas temperaturas interiores nos edifícios estão associadas a um aumento de mortalidade, principalmente em grupos de risco, de pessoas idosas ou com doenças respiratórias (Baccini et al., 2008). Afim de tentar reduzir as temperaturas no interior dos edifícios Sailor et al (2019) afirma que em muitas cidades dos Estados Unidos, os ocupantes de prédios contam apenas com o ar-condicionado, a ponto de sua saúde e bem-estar poderem ficar irremediavelmente comprometidos na sua ausência. Uma revisão recente de Santamouris (2019) menciona para o cenário de emissões RCP 8.5, correspondente a uma evolução do tipo “business as usual”, uma projeção da mortalidade da população idosa, em três cidades no Nordeste dos EUA que poderá aumentar entre seis a nove vezes até 2080, já para o Estado de Washington, a mortalidade poderá aumentar entre 4-22 vezes até 2045.

A IMPORTÂNCIA DOS MATERIAIS PARA ARREFECIMENTO DE EDIFÍCIOS

Importa contudo ter presente que as projeções referidas no ponto anterior nem sequer levaram em conta a recessão económica que será causada pelo Covid-19 (Fernandes, 2020; Leiva-Leon et al., 2020; Michelsen et al., 2020), a qual por sua vez irá reduzir o número daqueles que podem pagar ar condicionado. Algumas estimativas sobre a referida recessão económica são tão pessimistas (Sraders, 2020; The Economist, 2020) que nelas o ar condicionado pode-se considerar sem qualquer exagero uma despesa de luxo, inacessível a centenas de milhões de pessoas idosas, facto esse que contribuirá sem dúvida para um elevado aumento da mortalidade das mesmas. Os materiais para arrefecimento de edifícios são por isso especialmente importantes no contexto da recessão do Covid-19 porque permitem reduzir as temperaturas no interior dos edifícios, assim ajudando a reduzir a mortalidade associada às ondas de calor. A título de exemplo é importante recordar que investigadores Macintyre e Heaviside (2019) concluíram que a utilização dos referidos materiais ao nível das coberturas pode reduzir a mortalidade em cerca de 25% durante uma onda de calor.

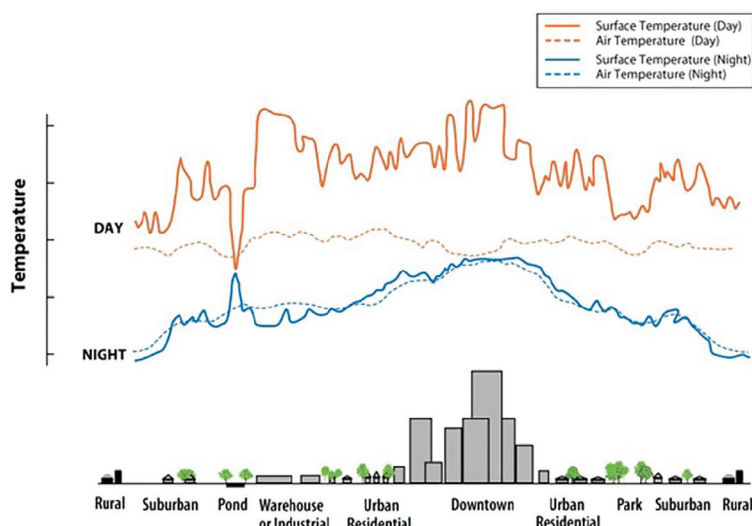


FIGURA 4 - EFEITOS TÍPICOS DE UMA ILHA DE CALOR URBANO NA TEMPERATURA DIURNA E NOTURNA

Tendo em conta que a diversidade de materiais para arrefecimento de edifícios, desenvolvidos nos últimos anos (tema que convém recordar é tratado de forma muito incipiente nos planos de curso dos Mestrados de Engenharia Civil e também de Arquitectura) justificariam por si só vários artigos, entende-se como pertinente aproveitar para divulgar um livro dedicado aos mesmos, de título “Eco-efficient Materials for Reducing Cooling Needs in Buildings and Construction Design, Properties, and Applications” e que acaba de ser publicado pela conhecida Elsevier (Figura 5). O referido livro tem como Editores o autor deste presente artigo, Lech Czarnecki responsável científico do Building Research Institute da Polónia, antigo Vice-reitor da Universidade de Tecnologia de Varsóvia e antigo Presidente do ICPI, Anna Laura Pisello Professora na Universidade de Perugia, Luisa F. Cabeza Professora da Universidade de Lleida e Diretora na unidade de investigação GREIA, um grupo de investigação muito ativo na área dos materiais para armazenamento de energia térmica que recentemente expandiu o foco da sua atividade para incluir a inteligência artificial. E por último o professor Claes-Goran Granqvist da Universidade de Uppsala,

membro da Academia de Ciências da Suécia e um dos fundadores da empresa Chromogenics AB, empresa essa que surgiu em 2003 como resultado de duas décadas de investigação do Professor Granqvist e da equipa por ele coordenada. A empresa em causa é detentora de várias patentes, incluindo uma relativa à produção de uma película electrocrómica (um mercado que atualmente vale 2 mil milhões de dólares e que se prevê possa atingir 6 mil milhões de dólares em 2026) num processo que é mais escalável e com menor custo, em alternativa ao revestimento dos panos de vidro, e está desde 23 de Março de 2017 cotada no índice Nasdaq First North. Reproduz-se abaixo a estrutura do livro referido, o qual aborda materiais para as várias aplicações do ambiente construído, que vão desde os pavimentos, passando pelas fachadas e até às aplicações para coberturas.

- High albedo pavement materials
- Performance of thermochromic asphalt
- Pavements for mitigating urban heat island effects
- Quantitative approximation of shading-induced cooling by climber green wall based on multiple-iterative radiation pathways
- Experimental study of geometric configuration and evaporative cooling potential of brick elements
- Eco-efficient evaporative and ground-coupled system with terra-cotta evaporative walls
- Hemp plaster and passive cooling techniques for retrofit
- Performance of multilayer glass and BIPV facade structures
- Green roofs as passive system to moderate building cooling requirements and UHI effects
- Thermal evaluation of building roofs with conventional and reflective coatings
- Active and passive systems for cool roofs
- Biobased phase change materials for cooling in buildings
- PCM incorporated bricks
- Influence of novel PCM-based strategies on building cooling performance
- Optically smart thin materials for building cooling
- Building performance of thermochromic glazing
- Passive cooling by means of adaptive cool materials

RECONHECIMENTO

Este trabalho foi financiado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia - Ministério da Ciência, Tecnologia e Ensino superior (FCT/MCTEs) no âmbito do projeto CEECIND/00609/2018

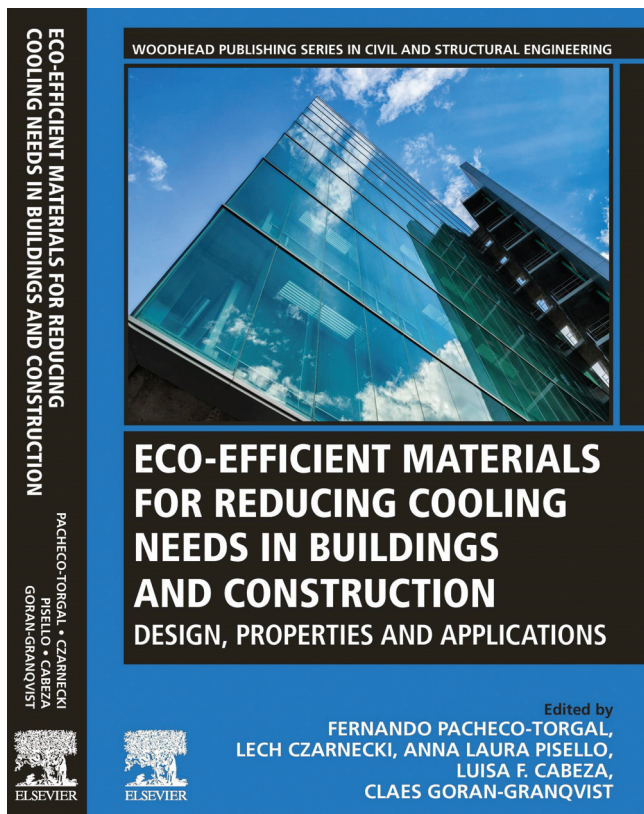


FIGURA 5 - CAPA DO LIVRO SOBRE MATERIAIS PARA ARREFECIMENTO DE EDIFÍCIOS

BIBLIOGRAFIA

Baccini, M., Kosatsky, T., Analitis, A., Anderson, H.R., D'Ovidio, M., Menne, B., Michelozzi, P., Biggeri, A. and PHEWE Collaborative Group, 2011. Impact of heat on mortality in 15 European cities: attributable deaths under different weather scenarios. *Journal of Epidemiology & Community Health*, 65(1), pp.64-70.

Bayes, A (2018) "Who takes responsibility for the climate refugees?." *International Journal of Climate Change Strategies and Management* 10, no. 1 (2018): 5-26.

Bamber, Jonathan L., Michael Oppenheimer, Robert E. Kopp, Willy P. Aspinall, and Roger M. Cooke. "Ice sheet contributions to future sea-level rise from structured expert judgment." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 116, no. 23 (2019): 11195-11200.

Belkin, L.Y. and Kouchaki, M., 2017. Too hot to help! Exploring the impact of ambient temperature on helping. *European Journal of Social Psychology*, 47(5), pp.525-538.

Bendell, Jem (2018) *Deep adaptation: a map for navigating climate tragedy*.

Institute for Leadership and Sustainability (IFLAS) Occasional Papers Volume 2.

University of Cumbria, Ambleside, UK
http://insight.cumbria.ac.uk/id/eprint/4166/1/Bendell_DeepAdaptation.pdf
 Busato, F.; Lazzarin, R.; Noro, M. (2014) Three years study of the Urban Haet Island in Padua: Experimental results. *Sustainable Cities and Society* 10, 251-258.

materiais

de construção

Plano 2020

Ecoinovação

Eficiência Energética

Mat. Reabilitação e Renovação

Novos Materiais e Tecnologias

associação
materiais de
construção

Praça Francisco Sá Carneiro, 219, 4º dto, 4200-313 Porto
 Tel: 225 074 210 | E-mail: geral@apcmc.pt | Site: www.apcmc.pt

Cavicchioli, R., Ripple, W.J., Timmis, K.N., Azam, F., Bakken, L.R., Baylis, M., Behrenfeld, M.J., Boetius, A., Boyd, P.W., Classen, A.T. and Crowther, T.W., 2019. Scientists' warning to humanity: microorganisms and climate change. *Nature Reviews Microbiology*, p.1.

Elmqvist, T., Andersson, E., Frantzeskaki, N., McPhearson, T., Olsson, P., Gaffney, O., Takeuchi, K. and Folke, C., 2019. Sustainability and resilience for transformation in the urban century. *Nature Sustainability*, 2(4), p.267.

Fernandes, N., 2020. Economic effects of coronavirus outbreak (COVID-19) on the world economy. Available at SSRN 3557504.

Gasser, T., Kechiar, M., Ciais, P., Burke, E.J., Kleinen, T., Zhu, D., Huang, Y., Ekici, A. and Obersteiner, M., 2018. Path-dependent reductions in CO₂ emission budgets caused by permafrost carbon release. *Nature Geoscience*, 11(11), p.830.

Harper, K. (2020) The Coronavirus Is Accelerating History Past the Breaking Point
<https://foreignpolicy.com/2020/04/06/coronavirus-is-accelerating-history-past-the-breaking-point/>

Kareiva, P. and Carranza, V. "Existential risk due to ecosystem collapse: Nature strikes back." *Futures* 102 (2018): 39-50.

Kew, S.F., Philip, S.Y., Jan van Oldenborgh, G., van der Schrier, G., Otto, F.E. and Vautard, R., 2019. The exceptional summer heat wave in southern Europe 2017. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 100(1), pp.S49-S53.

Kolokotroni, M., Giridharan, R. (2008), 'Urban heat island intensity in London: An investigation of the impact of physical characteristics on changes in outdoor air temperature during summer', *Sol Ener*, 82, 986-998.

Leiva-Leon, D., Pérez-Quirós, G. and Rots, E., 2020. Real-Time Weakness of the Global Economy: A First Assessment of the Coronavirus Crisis.

Levermore, G., Parkinson, J., Lee, K., Laycock, P., & Lindley, S. (2018). The increasing trend of the urban heat island intensity. *Urban climate*, 24, 360-368.

Meehl, G. A., Tebaldi, C., Tilmes, S., Lamarque, J. F., Bates, S., Pendergrass, A., & Lombardozzi, D. (2018). Future heat waves and surface ozone. *Environmental Research Letters*, 13(6), 064004.

Michelsen, C., Clemens, M., Hanisch, M., Junker, S., Kholodilin, K.A. and Schlaak, T., 2020. Coronavirus Plunges the German Economy into Recession: DIW Economic Outlook. *DIW Weekly Report*, 10(12), pp.184-190.

Padma, T. (2019) African nations push UN to improve drought research
<https://www.nature.com/articles/d41586-019-02760-9>
Pierrehumbert, R., 2019. There is no Plan B for dealing with the climate crisis. *Bulletin of the Atomic Scientists*, pp.1-7.

Sailor, D.J., Baniassadi, A., O'Lenick, C.R. and Wilhelmi, O.V., 2019. The growing threat of heat disasters. *Environmental Research Letters*, 14(5), p.054006.

Santamouris, M ed., 2019. Cooling Energy Solutions for Buildings and Cities. World Scientific.

Santamouris, M.; Papanikolaou, N.; Livada, I.; Koronakis, I.; Georga-

kis, C.; Argiriou, A.; Assimakopoulos, D. (2001) On the impact of urban climate on the energy consumption of buildings. *Solar Energy*, 70, 201–216.

Screen, J. A. and C. Deser (2019) Pacific Ocean Variability Influences the Time of Emergence of a Seasonally Ice-Free Arctic Ocean. *Geophysical Research Letters*, 2019

Schirmeier, Q. (2019) Climate change made Europe's mega-heat-wave five times more likely
<https://www.nature.com/articles/d41586-019-02071-z>

Shandas, V., Voelkel, J., Williams, J., & Hoffman, J. (2019). Integrating Satellite and Ground Measurements for Predicting Locations of Extreme Urban Heat. *Climate*, 7(1), 5.

Smid, M., Russo, S., Costa, A.C., Granell, C. and Pebesma, E., 2019. Ranking European capitals by exposure to heat waves and cold waves. *Urban Climate*, 27, pp.388-402.

Spinoni, J., Vogt, J. V., Barbosa, P., Dosio, A., McCormick, N., Bigano, A., & Füssel, H. M. (2018). Changes of heating and cooling degree-days in Europe from 1981 to 2100. *International Journal of Climatology*, 38, e191-e208.

Spratt, D. and Dunlop, I., 2018. What lies beneath: the understatement of existential climate risk. *Breakthrough (National Centre for Climate Restoration)*. <https://climateextremes.org.au/wp-content/uploads/2018/08/What-Lies-Beneath-V3-LR-Blank5b15d.pdf>

Straders, A. (2020) How much will coronavirus hurt the economy? These new estimates are terrifying. <https://fortune.com/2020/03/17/how-much-will-coronavirus-hurt-the-economy-these-new-estimates-are-terrifying/>

Tabone, I., Robinson, A., Alvarez-Solas, J. and Montoya, M., 2019. Submarine melt as a potential trigger of the North East Greenland Ice Stream margin retreat during Marine Isotope Stage 3. *The Cryosphere*, 13(7), pp.1911-1923.

Tanski, G, Wagner, D.; Fritz, M.; Sachs, T.; Lantuit, H. (2018) Impe-
tuous CO₂ release from eroding

The Economist (2020) Psychological scars of downturns could depress growth for decades
<https://www.economist.com/finance-and-economics/2020/08/27/psychological-scars-of-downturns-could-depress-growth-for-decades>

Turetsky, M.R., Abbott, B.W., Jones, M.C., Anthony, K.W., Olefeldt, D., Schuur, E.A., Koven, C., McGuire, A.D., Grosse, G., Kuhry, P. and Hugelius, G., 2019. Permafrost collapse is accelerating carbon release.

Wadhams, P. (2017) *A Farewell to Ice*, Oxford University Press, Oxford.

Wallace-Wells, D. (2017), "The Uninhabitable Earth: Famine, economic collapse, a sun that cooks us: What climate change could wreak - sooner than you think," *New York Magazine*.

Xiao, H., Zhang, F., Miao, L., San Liang, X., Wu, K. and Liu, R., 2020. Long-term trends in Arctic surface temperature and potential causality over the last 100 years. *Climate Dynamics*, 55(5), pp.1443-1456.